碩士學位論文

공동주택의 발코니가 열부하에 미치는 영향분석

Effect Analysis on the Thermal Load by Balcony of Apartment House

指導教授 洪 熙 基

慶熙大學校 大學院
機械工學科

朴 容 承

2001年　2月　日

碩士學位論文

공동주택의 발코니가 열부하에 미치는 영향분석

指導敎授 洪 熙 基

이 논문을 기계공학과 석사학위논문으로 제출함

慶熙大學校 大學院
機械工學科

朴 容 承

2001年 2月 日

朴容承의 碩士學位 論文을 認准함

主審 教授 (印)

副審 教授 (印)

副審 教授 (印)

慶熙大學校 大學院

2001년 2월 일

요 약

현재 대규모 아파트 단지의 조성으로 인하여 주택보급률 대비 아파트 비율이 50%를 넘어서고 있으며 체계적인 에너지진단 및 절약법이 제시되면 그에 따른 파급효과는 매우 클 것이다. 따라서 변수로서 발코니의 활용방식, 아파트의 방위, 측벽 단열조건, 창문의 유리 조건 등으로 설정하여 공동주택에 대한 에너지 진단을 실시하였다.

본 연구에서 주로 주목하는 특징은, 서비스 공간으로 제공되는 발코니 공간의 유효이용이다. 대부분의 건설회사에서 앞뒤 발코니 형태로 제공되는 이 공간을 단순한 발코니의 역할로 사용하는 경우는 드물며, 외부에 또다른 새시 유리를 통하여 실내공간의 개념으로 확장하여 사용하고 있는 것이 일반적이다. 심지어는 원래의 벽 및 유리를 제거하고 새시유리만을 사용하여 실내공간을 확장하는 극단적인 방법까지 동원됨으로써, 에너지소비와 내력벽의 제거로 인한 안전문제로 사회적인 이슈가 된 적도 있다.

발코니의 활용법에 따른 냉난방 부하를 동적 열부하 계산법에 근거한 TRNSYS(TRaNsient System Simulation Program) 프로그램을 통해 계산한 결과, 난방부하의 경우 발코니 외부새시유리의 설치여부에 따라 30~40%의 차이가 날 수 있음이 밝혀졌으며 에너지 절약에 가장 큰 비중을 차지하는 변수로 분석되었다.

현재 새시유리는 건설회사가 아닌 영세업체에 의해서 시공되는 것이 일반적이므로 이에 대한 표준화 및 기술개발이 중요하며 불량시공 및 불량자재 사용을 제도적으로 막아야 할 것이다.

차 례

List of Figures

List of Talbes

Nomenclature

q	Heat transfer
A	Area
U	Overall heat transfer coefficient
t	Temperature
I	Solar radiation
h	Solar altitude
d	Sun's declination
e	Equation of time
c	Latitude
d	Longitude

subscript

v	Ventilation
inf	Infiltration
z	Zone
int	Internal space
r	Room
HOL	Horizontal
DN	Direct normal

1. 서 론

1-1 연구배경 및 목적

대규모 아파트단지의 조성으로 총 인구 중 아파트 세대가 절반을 넘고 있는 것으로 보고되고 있다. 이는 세계적으로 유래가 없을 정도로 매우 짧은 시일 내에 신도시 개발 정책 등과 관련하여 대규모단지가 조성되고, 여기에 급격한 핵가족화의 진행 등에 기인하는 한국의 독특한 현상이라 할 수 있다. 아파트 및 공동주택의 천장과 바닥은 세대간에 공유하기 때문에 주로 열손실은 측벽 및 유리창을 통해서 이루어진다. 이와 같은 아파트의 열손실 패턴을 연구하고 조사하는 것은 향후 고에너지 절약형 아파트의 설계 및 보급과 관련하여 중요한 과제이나, 체계적으로 이루어진 결과는 거의 없는 것이 현실이다.

한국의 아파트의 특징을 분석해 보면 온돌에 의해 주로 난방이 이루어지고 있는 것을 들 수 있다. 이는 난방시 세대간의 열적 독립성이 이루어지지 못하는 면을 초래하기도 하나, 본 연구에서는 고려하지 않는 것으로 하겠다(즉 온돌이라는 가열원이 윗세대의 바닥과 아랫세대의 천장 부분에 설치되고 온돌 아랫쪽이 잘 단열되지 않은 경우 일정양의 열을 아랫세대에 무상으로 공급하는 셈이 된다).

또 하나의 특징으로는 평형과 상관없이 아파트의 측면폭(전면에서 보아 깊이)이 거의 같다는 점이다. 따라서 면적이 넓어지면 한 세대당의 전면의 길이가 길어지고, 창문이 차지하는 비율이 증가하게 된다. 이는 넓은 평수의 아파트의 열부하가 발코니 혹은 창문에 지배될 가능성이 높음을 암시한다.

그러나 본 연구에서 주로 주목하는 특징은, 서비스 공간으로 제공되는 발코니 공

간의 유효이용이다. 거의 대부분의 건설회사에서 앞뒤 발코니 형태로 제공되는 이 공간을 단순한 발코니의 역할로 사용하는 경우는 극히 드물며, 외부에 또다른 새시 유리를 통하여 실내공간의 개념으로 확장하여 사용하고 있는 것이 일반적이다. 심지어는 원래의 벽 및 유리를 제거하고 새시유리만을 사용하여 실내공간을 확장하는 극단적인 방법까지 동원됨으로써, 에너지소비와 내력벽의 제거로 인한 안전문제로 사회적인 이슈가 된 적도 있다.

본 연구에서는 새시유리를 추가 설치함으로써 어느 정도의 에너지 절약 효과가 있고, 반면에 내부 벽 및 유리를 제거함으로써 어느 정도의 에너지를 손실하게 되는지에 대해 시뮬레이션을 통해 분석하기로 한다. 물론 실험을 통해서도 이를 밝힐 수 있으나 동일한 환경에서 최소한 1년 이상에 걸친 실험은 실행이 쉽지 않고, 또한 발코니와 관련되는 파라미터들를 임의로 변경하는 것은 사실상 불가능하므로 동적 시스템 시뮬레이션 기법에 의존하였다.

1-2 연구방법 및 내용

건물의 에너지성능을 분석하는 것은 건물의 준공후 거주후 평가 과정(POE)을 거쳐 이루어지는 것이 보편적이었으나, 냉 난방에너지 소비에 관계된 실제 자료의 확보가 어렵고 자료는 각각의 설계 대안에 대한 즉각적인 검토가 불가능하며 디자인 과정에서 필요로 하는 사항에 대해 해결안을 제시해 주지 못했다. 더 정량적인 분석 방법으로 설계시 건물의 에너지 성능을 평가하기 위해 컴퓨터를 이용한 단순화된 계산방법을 쓰고 있으나, 내부 발열부하가 크거나 열용량이 큰 건물에서는 그 정확도가 현저히 떨어지는 단점이 있다. 가장 이상적인 방법으로 1980년대 이후 보

편화된, 동적으로 에너지의 흐름을 모형화한 상세 에너지 해석(detailed energy simulation) 방법이 있다.

본 연구에서는 동적 시스템 시뮬레이션 프로그램으로서 미국 Wisconsin대학에서 개발된 TRNSYS14.2를 사용하여, 냉난방 에너지 소비량을 기준으로 아파트에 대한 전반적인 에너지성능을 평가하였다. 구체적인 방법과 내용은 다음과 같다.

1) 기존의 벽과 창문을 유지한 상태에서 외부공간으로 설계된 발코니 공간을 새시 유리로 차단하여 사용하거나, 기존의 벽과 창문을 헐고 발코니 새시유리만을 설치하여 공간활용을 극대화한 경우의 열성능을 비교하고, 바람직한 발코니 사용관리에 대한 정보를 제공한다.

2) 각 평형별(종횡비로 표준화)에 따른 부하량을 비교 분석하고 임의의 평형에 대한 예측을 가능하게 한다.

3) 방위 변화에 따른 부하량을 비교 분석한다. 주로 남향의 아파트를 대상으로 결과를 분석하나 동향인 경우와의 차이를 제공한다.

2. 열부하계산

2-1 열부하의 개념

열부하의 계산 방법은 크게 최대부하 계산과 기간부하 계산으로 나눌 수 있는 데 최대 부하 계산은 공조설비에 필요한 장치 용량을 결정하기 위한 최대 부하를 계산할 목적으로 특정한 날 또는 시각에 대하여 계산하는 것으로, 일반적으로 필요한 표나 계산양식을 이용하여 수 계산 또는 컴퓨터로서 수행한다. 여기서 계산된 결과

를 기초로 하여 송풍량이나 장치 용량을 결정한다. 기간부하 계산이란 어떤 기간 또는 1년간을 통하여 모든 시간의 부하를 계산하는 것이며, 이것을 이용하여 부하량 변화에 대응하는 합리적인 공조방식을 계획하거나 또는 기간 및 연간 운전비와 에너지 소비량을 산출하는 기초로 한다. 이러한 기간 열부하를 계산하기 위하여 최근 여러 가지 방법이 연구되어 실용화되고 있으며, 통계에 의한 방법으로 냉 난방 도일법, 확장 도일법, 빈 법 등과 매시간 에너지 소비량을 산출하는 동적 열부하 계산법으로 대별할 수 있다[10].

2-1-1 열부하의 분류

건물의 실내를 일정한 온도 및 습도로 유지하기 위해서는 그 실내공간에서 취득한 열량 및 수분을 제거하거나 손실된 열량 및 수분을 공급해 주어야 한다. 이와 같이 실내온도를 상승 또는 하강시키는 열량을 현열부하(sensible heat load)라 하고, 실내습도를 상승 또는 하강시키는 수분량을 열량으로 환산하여 잠열부하(latent heat load)라 하여, 이들 열부하는 단위시간당 열량으로 표시되고, 공조장치의 각 기기의 용량을 결정하는 설계 기초가 된다(Fig. 1).

실내에서 발생하는 부하 외에 도입외기를 실내 온도, 습도 상태로 만들기 위한 열량, 송풍기로부터의 동력열, 덕트에서의 침입열과 공기누설로 인한 손실열 등을 더한 것이 공조기에 걸리는 부하이며 이것을 일반적으로 냉방부하, 난방부하라고 하며 Fig. 2에 개념적으로 나타내었다.

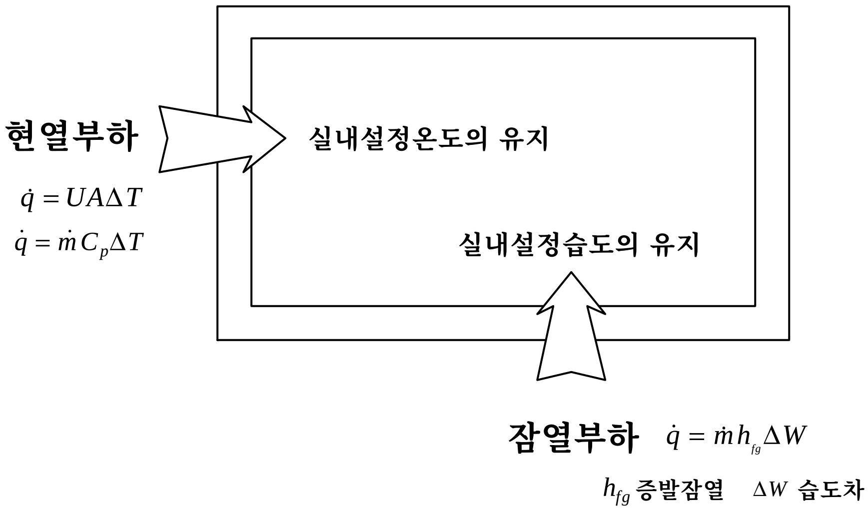


Fig. 1 Sensible and latent load

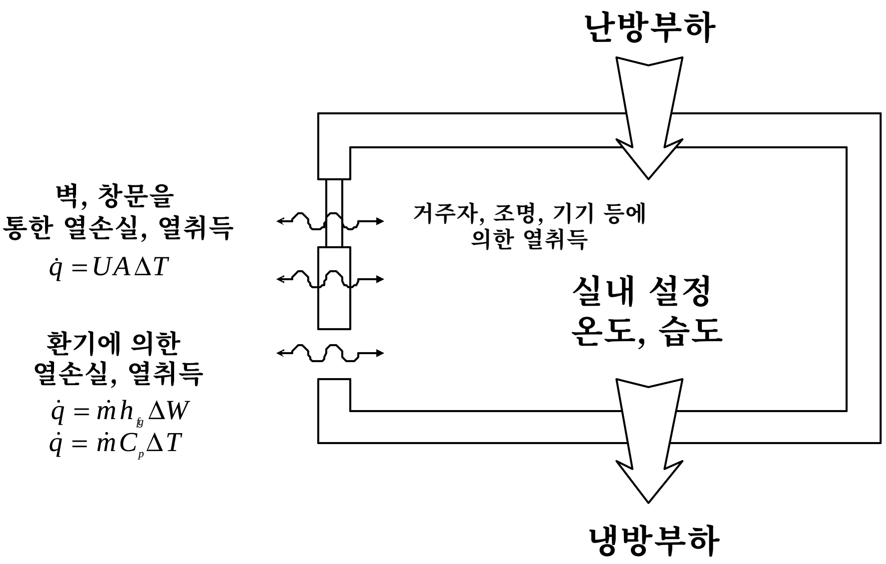


Fig. 2 Cooling and heating load

2-1-2 난방부하

난방시스템은 난방공간에 대한 예상열손실을 미리 결정한 후 이를 처리할 수 있는 적절한 용량을 갖도록 설계하여야 한다. 열손실은 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 첫째로 벽, 천장, 바닥, 창문 또는 그 외의 표면을 통하여 전달되는 열과, 둘째로는 공간 내부로 흡입되는 외부공기를 가열하는 데 필요한 열로 구분한다.

외기온도, 풍속 및 태양광 등은 시간에 따라 계속해서 변하므로 실제의 열손실은 비정상상태의 문제로 보아야 한다. 뒤에서 취급하게 되는 전달함수법은 태양열의 복사, 외기온도 그리고 건물의 에너지 저장능력 등의 변화를 고려한 것으로서 동계조건하에서도 적용할 수 있다. 하지만 가장 추운 달에 구름, 폭풍우가 계속된다면 외기온도의 변화는 상대적으로 미미하게 나타날 것이다. 이러한 조건하에서는 공간으로부터의 열손실은 상대적으로 일정하고, 내부 열취득이 없는 이른 아침에 절정에 이르게 된다. 그러므로 설계를 위한 열손실의 측정은 정상상태 열전달이 발생하는 것으로 가정할 수 있는 이른 아침에 실시한다. 비정상상태 해석은 구조물에서 요구되는 에너지 소요량을 계산하기 위한 시뮬레이션 연구에 적용되며 태양열의 영향과 내부 열취득을 고려하여야 한다.

2-1-3 냉방부하

냉방부하는 설계치로 일정한 온도와 습도를 유지하기 위하여 공간에서 제거되어야 할 에너지량이다. 냉방부하와 열취득의 다른 이유는 열린 공간을 통하여 직접 들어오는 태양열뿐만 아니라 벽의 안쪽 면과 내부 사물에서의 복사가 직접 공간 내부의 공기를 가열하지 않기 때문이다. 이 복사에너지는 대부분 마루, 내부 벽, 가구 등에 의하여 흡수되어, 실내의 공기온도보다 더 높은 온도에 도달할 때 대류에 의

하여 냉각되기 시작한다. 실내의 공기가 대류에 의하여 에너지를 받을 때만 이 에너지는 냉방부하의 일부분이 되는 것이다.

구조물과 내부 사물들의 열저장 특성이 열지연을 결정하게 되며, 따라서 열취득과 냉방부하 사이의 관계식을 결정한다. 이러한 이유 때문에 구조물의 열적 질량과 내용물이 반드시 고려되어야 한다. 열지연으로 인한 최대 냉방부하의 감소는 냉방장치의 크기를 결정하는 데 매우 중요하다[10].

2-2 열부하 해석 이론

복잡하게 변화하는 외기조건에 따른 실내의 열취득 및 열손실을 계산하기 위해서는 변화요소들을 시간의 함수로 처리하는 비정상 전열법을 이용하는 것이 정상 상태에 의한 것보다 훨씬 정확한 결과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 전달함수법(Transfer Function Method)을 적용한 TRNSYS 프로그램의 열부하 해석이론에 관하여 고찰해 본다[8].

2-2-1 외벽 또는 지붕을 통한 열전달

외벽 및 지붕을 통한 열전달량은 다음 식과 같이 전도전달함수(conduction transfer function: CTF)를 사용하여 계산한다.

$$q_{e,q} = A\left[\sum_{n=0} b_n \left(t_{e,q-nl}\right) - \sum_{n=1} d_n \left\{\left(q_{e,q-nl}\right)/A - t_{rc}\sum_{n=0} c_n\right\}\right] \qquad (1)$$

$q_{e,q}$: 벽 또는 지붕을 통한 열전달량

A : 벽, 지붕의 실내표면적 (m^2)

q : 시각 (hour)

l : 시간 간격 (hour)

n : 합산을 위한 지수

$t_{e,q-nl}$: 시간 $q-nl$ 일 때의 상당외기온도(℃)

t_{rc} : 일정하다고 가정한 실내온도(℃)

b_n, c_n, d_n : 전도응답계수 (CTF계수)

2-2-2 간벽, 천장, 바닥을 통한 열전달

간벽을 통한 열전달은 다음 두 가지로 고려하여 계산할 수 있다. 해당 존이 온도 변화가 있는 다른 존과 인접하였을 경우에는 간벽, 천장, 바닥의 축열효과를 고려하여 위의 식(1)에 따라 계산한다. 인접존과 온도가 동일하거나 인접존과 해당존의 온도차이에 비해 인접존의 온도변화가 작은 경우에는 다음과 같이 단순 정상상태로 가정하여 계산한다.

$$q_{p,q} = U \cdot A \cdot (t_b - t_{rc}) \qquad (2)$$

U : 인접존과 해당존 사이의 열관류율 (W/m²℃)

A : 면적 (m²)

t_b : 인접존의 실온(℃)

t_{rc} : 일정하다고 가정한 실내온도(℃)

2-2-3 창문을 통한 열전달

창문을 통한 열획득은 전도에 의한 열획득과 투과 및 흡수를 통한 일사열 획득으로 나누어 계산한다. 즉 「 창을 통한 열획득 = 전도열획득 + 일사열획득 」으로

분리하여 구하게 된다.

이 중 전도열획득 (q_{cond})은

$$q_{cond} = U_w \cdot A_w \cdot (t_o - t_i) \tag{3}$$

U_w : 창문의 열관류율 (W/m²℃)

A_w : 창문의 면적 (m^2)

t_o : 외기온도 (℃)

t_i : 해당존의 실온 (℃)

일사열 획득의 계산은 차폐계수를 이용하여 창문을 통한 일사획득량(q_{sol})을 산정한다.

$$q_{sol} = A_w \cdot (SHGF) \cdot SC \tag{4}$$

$SHGF$: 태양열 획득계수 (Solar Heat Gain Factor)

SC : 차폐계수 (Shading Cofficient)

여기서 차폐계수는 태양열취득을 간편하게 계산하기 위하여 사용하는 값으로서 「 $SC = \dfrac{\text{차양장치를 한경우의태양열취득}}{\text{차양장치가 없는 상태에서의태양열취득}}$ 」로 정의된다. 각 유리의 조합이나 차단 장치에 따라 차폐계수는 달라지며 1에 가까운 값일수록 많은 태양열을 취득함을 의미한다.

2-2-4 환기 및 침입공기에 의한 열전달

환기 및 침입공기에 의한 현열획득 (q_s)은

$$q_s = 1.23 \cdot Q_s \cdot \Delta t \tag{5}$$

Q_s : 풍량 (m^3/h)

Δt : 실내외 온도차 (℃)

환기 및 침입공기에 의한 잠열획득 (q_l)은

$$q_l = 3010 \cdot Q_s \cdot \Delta W \tag{6}$$

Q_s : 풍량 (m^3/h)

ΔW : 실내외 절대습도차 (kg/kg′)

2-2-5 내부 발생 열원에서의 열전달

존 내부의 열원으로는 인체, 조명, 기기에 의한 발열 등을 들 수 있다. 인체에 의한 열획득은 현열(q_{sp})와 잠열(q_{lp})로 구분되며, 잠열획득은 순간적인 열획득으로 간주한다.

$$\begin{aligned} q_{sp} &= n_{peop} \cdot (SHG)_{sp} \\ q_{lp} &= n_{peop} \cdot (LHG)_{lp} \end{aligned} \tag{7}$$

n_{peop} : 존의 사람수(명)

$(SHG)_{sp}$: 1인당 현열획득량 (W/people)

$(LHG)_{lp}$: 1인당 잠열획득량 (W/people)

조명에 의한 열획득(q_{el})은 현열 대류성분과 현열 복사성분으로 구분되며 잠열성분은 고려할 필요가 없다.

$$q_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \tag{8}$$

W : 조명투입 에너지(W)

F_{ul} : 조명사용계수(use factor)

F_{sa} : 기타 고려계수

부하계산시 기구, 전기, 가스, 스팀으로부터의 열획득을 고려해야 하며 다양한 기구사용, 이용자 스케줄 등으로 인해 부하계산시 주관적인 요소가 많이 적용될 수 있다. 기기에 의한 열획득은 현열 대류성분, 현열 복사성분, 잠열 성분으로 구분된다.

2-3 동적 열부하계산법

동적 열부하계산법은 캐나다의 Stepherson과 Mitalas에 의하여 창안된 응답계수(response factor)와 가중치 계수(weighting factor)를 기초로 하고, 건물 구조체의 축열 영향까지를 고려하여 부하를 계산하는 것으로 이에 대한 컴퓨터용 프로그램에는 미국의 에너지성(department of energy : DOE)에서 개발한 DOE-2와 TRNSYS(Transient System Simulation Program) 그리고 일본의 공기조화 위생공학회에서 개발한 HASP/ACLD/8001 외에 다수의 프로그램이 상용화되어 있다.

종래의 부하계산 방법은 실내외의 열변화가 정상류를 계속하는 것으로 가정하여 계산하고 일사, 기온, 습도 등 비정상요소에 대해서는 주기적 정상상태를 고려한 축열계수와 상당온도차의 값에 의하여 계산하였다. 이에 비하여 동적 열부하 계산은 1년간의 최대치만을 구하는 것이 아니고 계절 또는 월별, 매시각별 부하량을 구하여 최대 부하 이외에 기간 열부하에 의하여 연간 사용되는 동력비와 연료비를 산출할 목적으로 현실적으로 발생되고 있는 여러 가지 기상조건을 적용하여 부하를 계산하는 방법이다.

종래의 최대 부하 계산법이 특정하게 결정된 조건에 의하여 계산하는 정적인 계산 방법이라 한다면, 동적 열부하계산법은 임의의 입력조건에 대하여 계산하는 동

적인 계산 방법이므로 전자인 경우에는 수계산으로도 가능하나 동적 열부하계산은 컴퓨터에 의하지 않고는 행할 수가 없다.

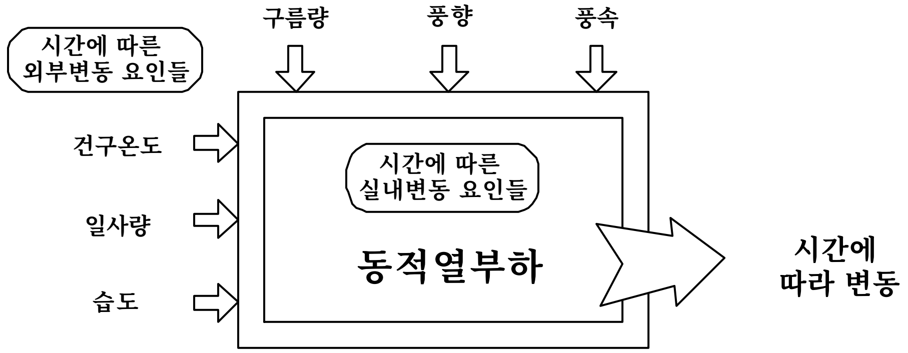


Fig. 3 Transient thermal load

따라서 동적 열부하 계산 프로그램에 사용되는 입력자료로는 외기조건(건구온도, 절대습도, 직달일사량, 천공일사량, 구름량, 풍향, 풍속), 벽체의 구성재료, 건물 방위 등이 있으며, 재실자수, 조명기구의 점등률 등과 같이 사용조건에 따라 변동하는 요소들은 스케줄 데이터에 의하여 지정하고 블라인드의 개폐를 일사량의 강도에 따라서 일정량(300 kcal/m^2 h) 이상이면 닫히고 그 이하에서는 열리게 한다든가, 실내 온습도 조건 및 외기 도입량의 변동값을 지정하는 등 각종 제어 스케줄을 지정한다. 기타 건물 정보 입력자료로는 건물 데이터, 공간 데이터, 각종 물성치를 나타내는 블록 데이터, 프로그램 실행에 관한 입출력 제어용 컨트롤 데이터 등이 포함된다.

오일쇼크 이후 건물의 에너지 절약 연구가 활발해짐에 따라 각종 공조방식의 에너지 절약효과를 정량적으로 평가하고 공조 시스템과 건물을 일체로 취급한 시스템

시뮬레이션(system simulation)을 위하여 열부하의 동적 취급이 필요하게 되었다. 동적 열부하 계산용 컴퓨터 프로그램에 의하여 기간 냉 난방부하를 구하고 본격적인 시스템 시뮬레이션 이전에 에너지 소비에 대한 평가방법으로 활용하고 있다.

2-3-1 응답계수

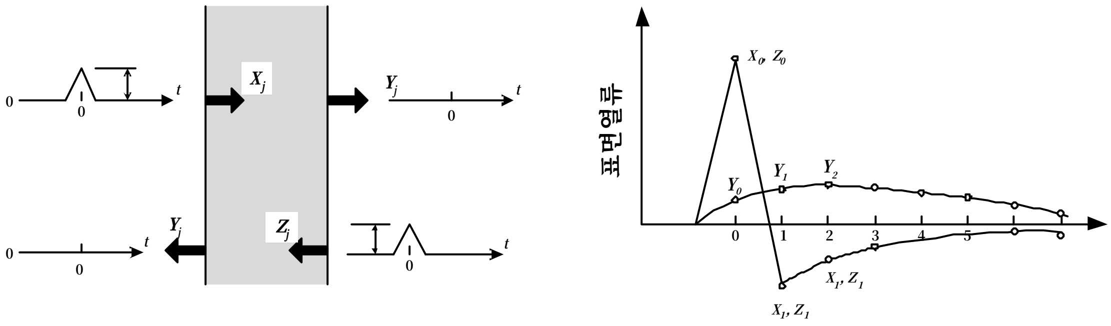
응답계수는 임의의 시점에서 어떤 물체에 단위온도파 여진(unit thermal excitation)이 작용할 경우 그 반응으로 나타나는 시계열의 열류응답으로 정의된다.

Fig. 4(a)에 나타낸 것처럼 외벽 전체의 초기 온도가 0의 상태에 있는 것으로 가정한다. 이에 대해서 실외공기의 건구온도를 높이 1인 삼각파 펄스상으로 변화시킬 때 외표면에서 벽내로 향하는 열류를 X_j , 그리고 내표면에서 실온이 0인 공기를 향해서 나가는 열류를 Y_j 라 한다. 이 때 X_j, Y_j 등을 총칭해서 응답계수(response factor)라고 한다. 첨자 j 를 붙인 것은 어떤 시간에 주어진 하나의 삼각파펄스에 대해서 Fig. 4(b)와 같이 그 후 장시간에 걸쳐서 열류가 발생하기 때문으로 X_j, Y_j 를 각각 흡열 응답계수 및 관류 응답계수라고 한다. 같은 방식으로 실내표면에 단위 삼각파펄스를 줄 때의 내외표면에서의 열류를 생각해서 그 흡열 응답계수를 Z_j 라 하면 좌우대칭인 벽체에서는 $X_j = Z_j$ 로 된다. 또한 관류 응답계수는 Y_j 로 된다.

내외표면의 경계층도 포함하는 경우의 응답계수의 합계는 열통과율 U 와 같다.

$$\sum_{j=0}^{\infty} X_j = \sum_{j=0}^{\infty} Y_j = \sum_{j=0}^{\infty} Z_j = U \qquad (9)$$

응답계수의 단위는 (kW/m²·K)이다. X_j, Y_j, Z_j 를 1조로 해서 응답계수(response factor)라고 한다.



(a) (b)

Fig. 4 Response factor

외기 건구온도나 일사량 등의 변동곡선을 삼각파계열로 치환하고 이에 대해서 위의 응답계수를 적용함으로써 실내로의 유입열량을 구할 수 있다. 외기온도가 T_n (n 은 각 시간을 나타내는 것으로 한다)으로 변동하는 경우에 실온이 기준이 0으로 일정할 때는 내표면에서 실내로 향하는 열류 q_n 은

$$
\begin{aligned}
q_n &= Y_0 \cdot T_n + Y_1 \cdot T_{n-1} + Y_2 \cdot T_{n-2} + \cdots + Y_\infty \cdot T_{n-\infty} \\
&= \sum_{j=0}^{\infty} Y_j \cdot T_{n-1}
\end{aligned}
\tag{10}
$$

로 표시된다. 식(10)의 우변 제1항은 계산 시작시각의 기온 T_n 에 의해서 유입하는 열량이며, 제2항은 그 1시간 전의 기온 T_{n-1} 에 의해서 유입하는 열량으로, 계산시간보다 1시간 전의 기온에 대한 계산시간에서의 관류응답계수는 Y_1 이므로 유입열량은 그의 곱 $Y_1 \cdot T_{n-1}$ 로 된다.

이와 같이 응답계수법은 시시각각의 각종 조건을 여진으로 그 결과를 구할 수 있다. 공조부하 계산에서는 외기조건이나 실내온도, 재실인원수, 조명기구 점등수 등을 건물의 여러 데이터와 함께 컴퓨터에 입력해서 1시간마다의 열부하나 실온을 구

하게 된다. 따라서 조기의 예열부하 계산이나 연간의 열부하의 1시간마다의 변동치나 연간합계치 등을 구하는 데 효과적이다.

2-3-2 가중치계수

실내외의 온도가 평형상태를 유지하고 있는 어떤 열류시스템에 열이 여진으로서 주어진다면 실내온도가 상승하였다가 시간이 경과함에 따라 서서히 하강하여 다시 최초의 상태와 가깝게 된다. 이와 같이 어떤 여진에 따라 응답으로 나타나는 온도의 변화를 시간의 함수로 나타낸 것을 실내 온도변화의 가중계수라 한다.

이때 주어진 열의 시간 함수를 $H(t)$ 라고 하면, 온도의 변위 $q(t)$ 는 다음과 같다.

$$q(t) = \int_0^t H\left(t - t\right) \Phi R\left(t\right) dt \tag{11}$$

$q\left(t\right)$: t 시에서의 실내온도(응답) (℃)

$H\left(t-t\right)$: t 시부터 t 시간전의 가열량(여진) (W)

$\Phi R\left(t\right)$: 실온변화의 가중계수 (℃/J)

이와 같은 가중계수의 개념은 여진과 응답을 중첩시켜도 서로 대응하는 "중첩의 원리"로 계산하는 것으로 위의 식을 Duhamel의 방법이라고 한다. 가중계수의 방법은 열부하를 계산하기 위해 시간적으로 변하는 여진, 즉 외기온도, 일사량 등을 시간의 함수로 나타내야 한다[9].

2-4 부하산출방식

TRNSYS의 가장 큰 장점은 단순한 동적열부하계산만을 수행하는 것이 아니고,

실제의 설비 및 제어계통을 포함한 시스템의 동적시뮬레이션이 가능하다는 점이다. 따라서 주어진 공간에 대하여 동적열부하를 계산하는 경우 설비를 포함시킬 것인지 여부에 따라 energy rate control과 temperature level control로 대별할 수 있다. energy rate control의 경우에는 설비 및 제어 특성과 무관하게 건물 자체만에 의해 열부하가 결정되므로 건물의 열성능을 비교하는 데 적합하다. 그러나 여기에 사용되는 냉난방설비는 이상적인 것을 사용하고 있으므로 실제의 열부하와는 차이를 보이게 된다. 반면에 temperature level control의 경우에는 실제 냉난방기기에서 공급 혹은 제거할 수 있는 열량이 직접적으로 반영되므로 건물에 설비의 영향이 포함되는, 실제 상황의 열부하 및 운전모사가 얻어진다. 본 연구에서는 건물 자체의 에너지진단이 목적이므로 energy rate control만을 대상으로 하였다.

Energy rate control : 동적 열부하계산과 관련하여 어떤 timestep에서 실내를 냉난방하지 않은 상태로 두었다고 가정하고 이로부터 외부 열손실로 인해 계산된 실내온도가 설정된 온도범위를 벗어나는 경우 계산된 온도가 설정온도까지 상승(또는 하강)시키는 데 필요한 열량을 열부하로 취한다. 이러한 방식으로 실내온도를 유지시키는 제어방식을 energy rate control이라 한다.

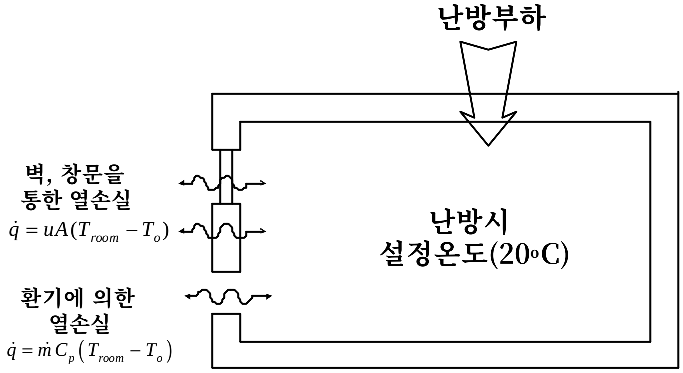


Fig. 5 Energy rate control

$$C_r \frac{dT_r}{dt} = \dot{Q}_{surf} + \dot{Q}_{\mathrm{v}} + \dot{Q}_{\mathrm{inf}} + 0.3\dot{Q}_{\mathrm{spepl}} + \dot{Q}_{\mathrm{int}} + \dot{Q}_z \tag{12}$$

$$Q_{heating} = MC_p\left(T_{set} - T_r\right) \tag{13}$$

C_r : 실내의 열용량 ($C_r = V_r \cdot r \cdot c_p = M \cdot c_p$: V_r 실내체적, r 실내공기밀도, M 실내공기의 총 질량)

T_r : 실내온도

$\dot{Q}_{surf}$: 벽체 및 창문을 통한 열손실(열취득)

$\dot{Q}_{\mathrm{v}}$: 환기에 의한 열손실(열취득)

$\dot{Q}_{\mathrm{inf}}$: 침입공기에 의한 열손실(열취득)

$\dot{Q}_{\mathrm{spepl}}$: 인체발열에 의한 열취득

$\dot{Q}_{\mathrm{int}}$: 내부기기발열에 의한 열취득

$\dot{Q}_z$: 인접세대와의 열교환

난방부하량의 산출방법은 식(12)에 의해 구한 현재의 실내온도 T_r 이 설정온도 T_{set} 보다 낮은 경우 식(13)를 이용하여 설정온도 T_{set} 까지 상승시키는 데 필요한 열량 $Q_{heating}$ 을 구할 수 있으며 $Q_{heating}$ 이 난방부하량이 된다.

Temperature level control : 이 경우에는 어떤 timestep에 대해 열원기기(보일러, 열펌프, 태양열, 보조히터, 보조 냉동기 등)를 작동시킨다고 생각하고, 열손실량과 열공급량에 대한 열평형식을 세워 이로부터 실내온도를 계산한다.

$$C_r \frac{dT_r}{dt} = \dot{Q}_{surf} + \dot{Q}_{\mathrm{v}} + \dot{Q}_{\mathrm{inf}} + 0.3\dot{Q}_{\mathrm{spepl}} + \dot{Q}_{\mathrm{int}} + \dot{Q}_z - P_i \tag{14}$$

P_i : 냉난방기기에서 제거 또는 공급되는 열량

식(13)에 냉난방기기에서 공급 또는 제거되는 열량 P_i를 포함 시킨 식(14)에 의해 계산된 현재온도 T_r이 제어기에서 설정된 온도범위(난방의 경우 20~22℃) 내에 포함되는 경우 이 상태에서 공급한 열원기기의 열량이 열부하가 되나, 포함되지 않는 경우에는 열원기기의 상태를 바꾸어 (ON이면 OFF, OFF 이면 ON) 만족한 상태가 될 때까지 계산을 반복해서 수행한다[2].

3. 평가 프로그램 및 해석 모델

3-1 평가 프로그램

미국 위스콘신대학의 태양에너지 연구실(SEL: Solar Energy Laboratory)에서 개발된 TRNSYS(TRaNsient SYstem Simulation) 프로그램은 본래 태양에너지 시스템 시뮬레이션이 주 목적이었으나 계속 확장 발전되어 이제는 광범위한 HVAC 시스템, 플랜트, 제어계통 등도 시뮬레이션 할 수 있게 되었다. 또한 사용자는 자신의 subroutine을 새로 작성하여 온돌모델과 같은 새로운 요소를 만들 수 있으며 기존의 모델을 수정하여 TRNSYS component library에 접속할 수 있다.

FORTRAN으로 작성된 각 요소들은 모듈화되어 있고 이들은 여러 유틸리티 함수들에 의해 필요시 호출된다. 따라서 상당히 복잡한 시스템 시뮬레이션도 모듈 단위로 처리할 수 있어 여러 측면에서 다른 에너지 해석 프로그램(DOE-2, BLAST, TRACE 등)에 비해 장점이 있다.

이번 시뮬레이션에서 호출된 대표적인 요소들은 다음과 같다.

·TYPE 9 (Data Reader) : 1년 동안 매시각별 기상데이터를 입력받아 각 요소에서 원하는 형태로 자료를 제공한다(건구온도, 절대습도, 수평면 전천일사량, 전운량, 풍

향, 풍속).

·TYPE 16 (Solar Process Radiation) : 직달일사 및 산란일사량으로 분리하거나 각 방위별 일사량을 처리한다.

·TYPE 34 (Overhang and Wingwall Shading) : 발코니에 의한 차양효과를 고려

·TYPE 56 (Multi-Zone Building) : 여러 존의 건물 모델

호출된 각 요소들을 연결시킨 그림이 Fig. 6이며 Fig. 7은 독립적인 프로그램인 Prebid(An Interface of creating building description for TYPE 56)로서 건물정보, 즉 벽체 및 창문의 구성, 각 재료의 물성치 등과 설정온도, 습도 및 재실자, 조명기구 등과 같은 실내조건을 TYPE 56에 제공하게 된다[2].

Fig. 8은 프로그램 실행시 화면상에 출력되는 결과로서 외기온도 등에 따른 부하의 변화를 검토하여 결과의 타당성을 바로 판단하여 볼 수 있다.

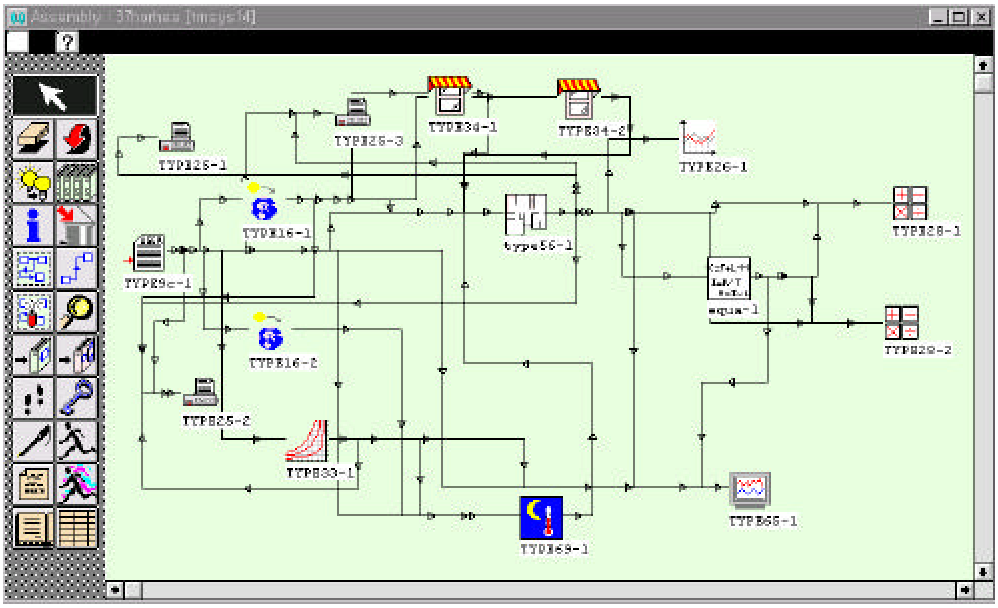


Fig. 6 The linked components for simulation on the assembly panel

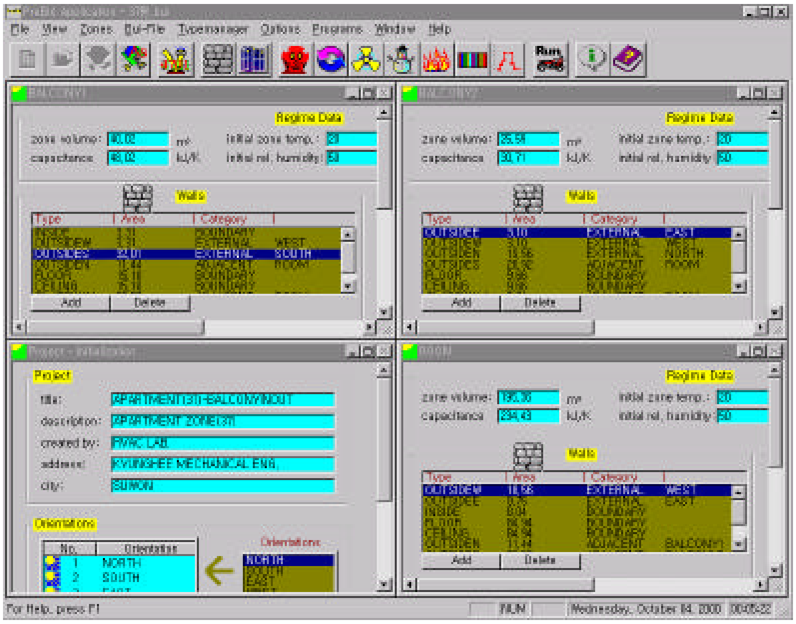


Fig. 7 Prebid (An Interface of creationg building description for TYPE 56)

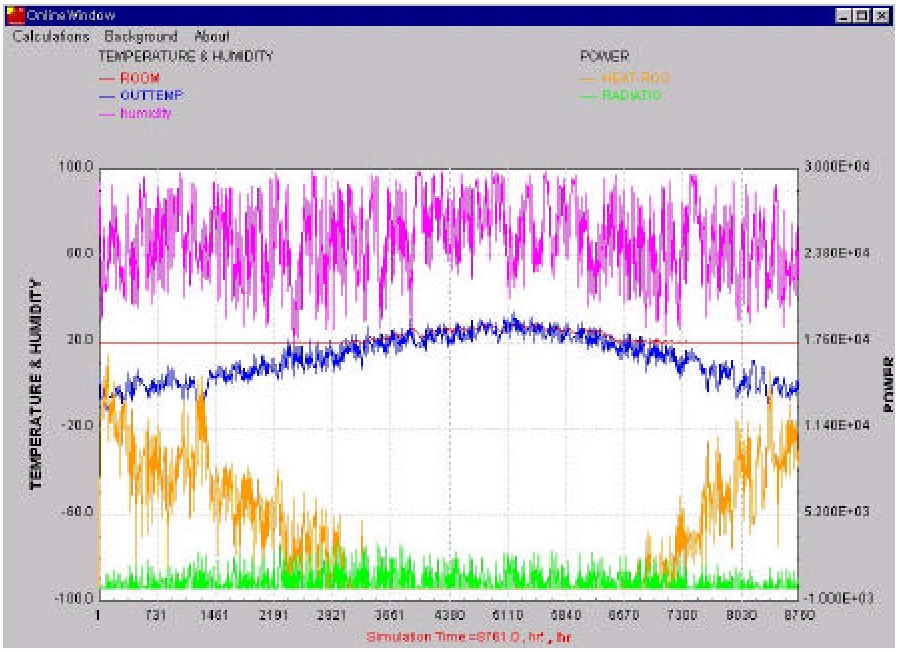


Fig. 8 ONLINE Plotter

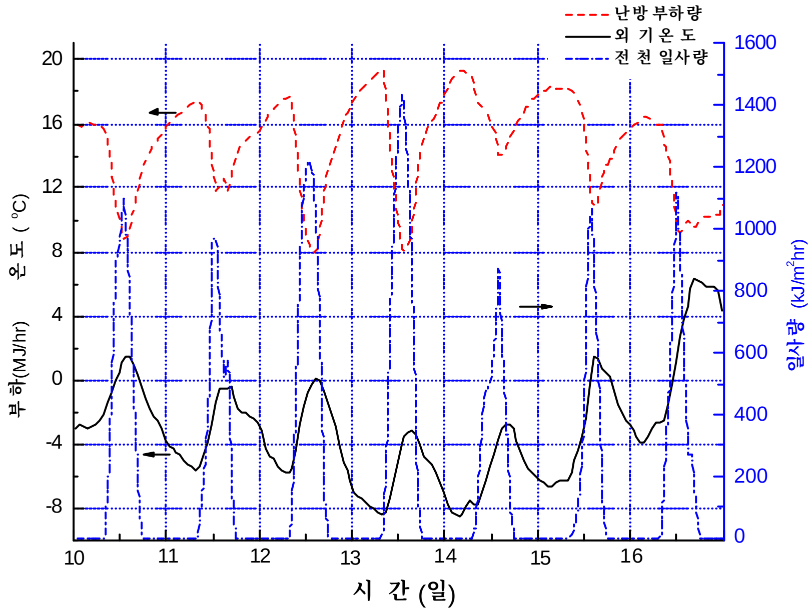


Fig. 9 An example of result for one week

3-2 해석모델의 설정

본 연구에서는 2000년 국내의 S 건설회사가 설계?시공하고, 서울에 위치한 아파트를 대상으로 하였다. 단위세대의 전용면적은 각각 57m²(23평), 85m²(37평), 118m²(49평), 143m² (54평)이며 중간층, 측벽세대, 남향을 기준으로 열성능 평가를 수행하기 위한 해석모델로 설정하였다.

계산을 단순화하기 위하여, 37평에 대해서 Fig. 10의 실제도면과 Fig. 11의 단순화된 도면을 적용하여 열부하의 차이를 비교하고 타당성을 조사하였다. 3% 이내에서 결과가 일치하였으므로(Table 6) 계산의 편의성을 위하여 다른 모든 계산에 대해서는 단순화한 모델을 적용하였다. 여기서 모델의 단순화 원칙은 상면적이 동일한 것

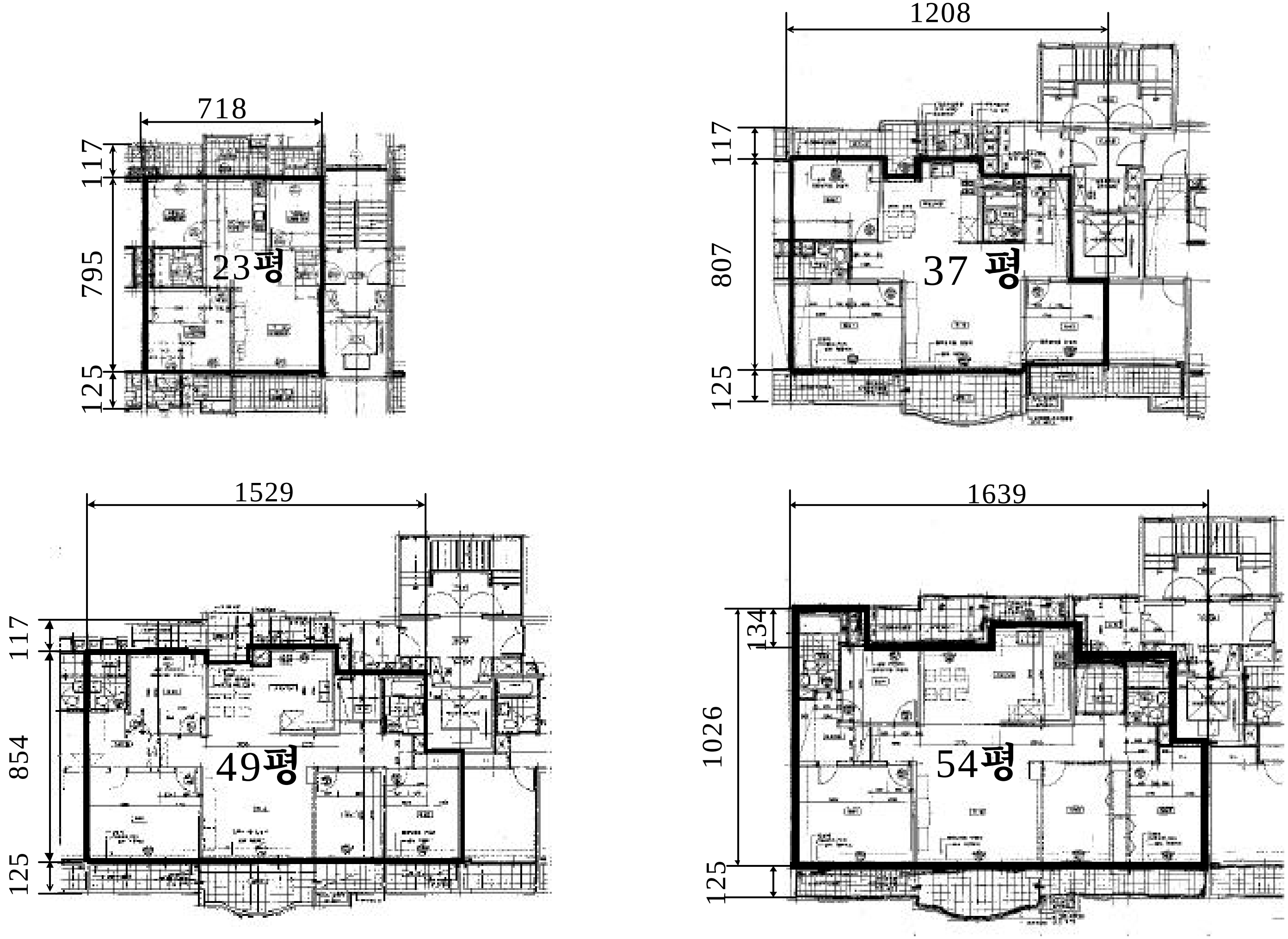


Fig. 10 The plan of real model

이 아니고, 둘레의 길이가 같도록 설정함으로써 벽 및 창을 통해서 손실되는 양이 같도록 고려하였다.

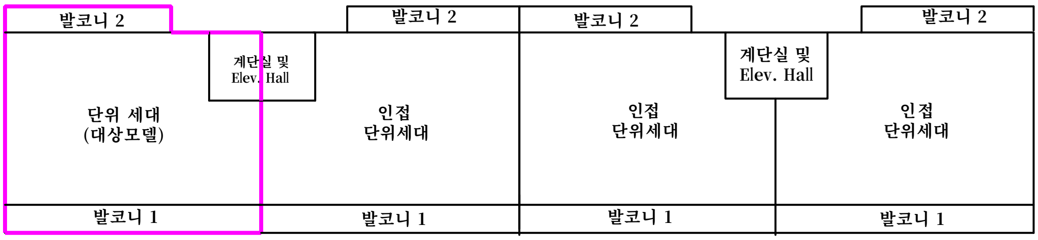


Fig. 11 The plan of simplified model

3-3 건물 조건

해석모델의 입체도 및 벽체의 배치는 Fig. 12, 벽체조건은 Table 1과 같다. 창문은 복층유리(혹은 2중유리)를 사용하였으며, 각각의 물성치는 Table 2에 나타내었다.

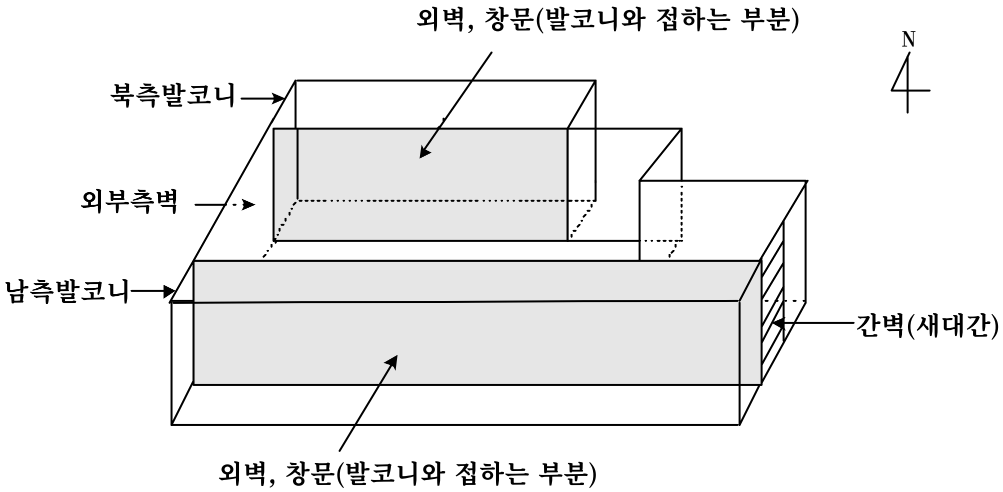


Fig. 12 3-D figure of simulation model

Table 1 The wall and window of apartment house

공동주택 / 벽체 / 창문		재료명 (두께:mm)	
외벽(전후면)	내측	석고보드(18.5)+단열재(50)+콘크리트(180) = 248.5	외측
외부측벽		석고보드(9.5)+단열재(70)+석고보드(9.0)+콘크리트(200) = 288.5	
간벽		시멘트 모르타르(24)+콘크리트(180) = 204.0	
층간바닥		고름 모르타르(50)+경량기포CON(70)+콘크리트(150) +석고보드(9.5) = 279.5	
창문		유리(5)+공기(6)+유리(5) = 16	

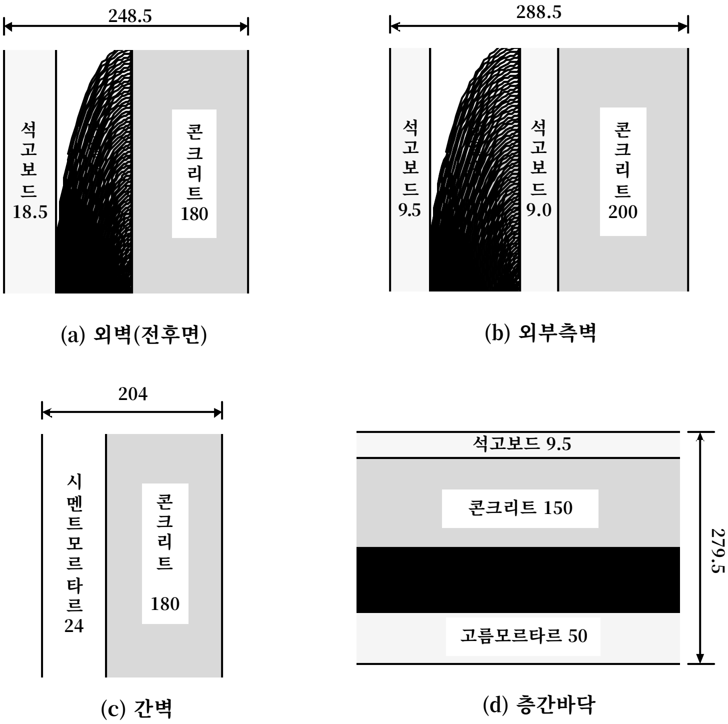


Fig. 13 The wall composition

Table 2 The properties of wall components

재료	열전도율 W/m K (kcal/m h℃)	비열 kJ/kg K (kcal/kg℃)	밀도 (kg/m^3)
석고보드	0.21 (0.18)	1.13 (0.27)	910
단열재	0.035 (0.03)	1.25 (0.3)	28
콘크리트	1.62 (1.4)	0.79 (0.19)	2400
경량기포CON	0.17 (0.15)	1.09 (0.26)	600
시멘트모르타르	1.51 (1.3)	0.79 (0.19)	2000
고름모르타르	1.37 (1.2)	0.79 (0.19)	2000
복층유리	열관류율 3.24 W/m^2 K (2.8 $kcal/m^2h$℃)		

Table 3 The properties of each wall

벽체	내부열전달률 kJ/m^2hK ($kcal/m^2h$℃)	열관류율 W/m^2K ($kcal/m^2h$℃)	외부열전달률 kJ/m^2hK ($kcal/m^2h$℃)
외벽(전후면)	30.1 (7.2)	0.57 (0.49)	120.4 (28.8)
외부측벽	30.1 (7.2)	0.43 (0.37)	120.4 (28.8)
간벽	30.1 (7.2)	3.37 (2.90)	30.1 (7.2)
층간바닥	30.1 (7.2)	1.28 (1.10)	30.1 (7.2)

3-4 실내 조건

아파트는 일반적으로 개별냉방을 실시하므로 설계시 난방부하량만을 산출하지만, 본 연구에서는 아파트의 열성능을 평가하기 위해 난방부하와 냉방부하를 모두 계산하였다.

또한 Fig. 11의 해석모델 우측에 인접한 단위세대와 상하의 인접세대는 해석모델과 마찬가지로 동일한 실내설정온도를 갖기 때문에 인접세대간의 열교환은 없다고 가정하였다. 그러나 간벽의 축열효과는 존재하므로 간벽의 상세한 조건은 입력해야 한다. 그리고 계단실, 엘리베이터 공간 및 밀폐된 형태의 발코니는 비공조공간(Fig. 14에서 빗금친 부분)으로 설정하였다.

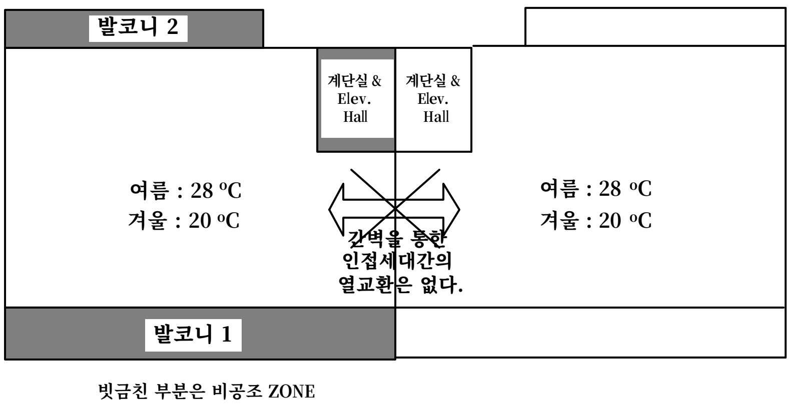


Fig. 14 The relation of adjacent model

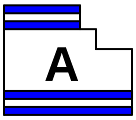
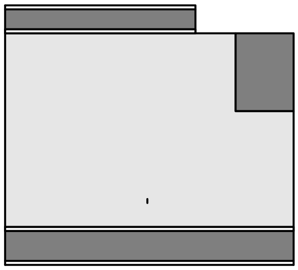
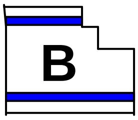
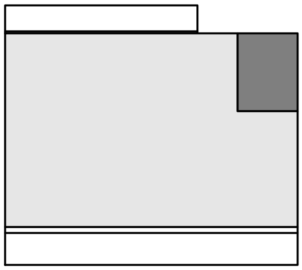
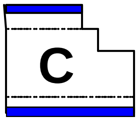
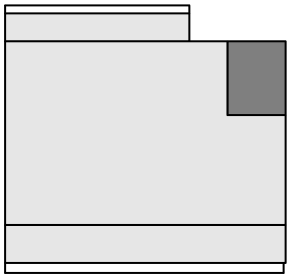
입주자들이 공간활용과 열성능 측면에서 외부공간으로 설계된 발코니 공간에 새시유리를 설치하거나, 심지어 발코니와 실거주 공간 사이의 원래의 중간벽과 유리를 터서 사용하는 경우가 있다. 본 연구에서는 세 가지의 경우, 즉 내부유리와 새시

유리를 모두 한 경우(Case A), 내부유리만 한 경우(Case B), 외부의 새시유리만 한 경우(Case C)에 대하여 평가하였다. Table 5에는 새시유리의 상황에 따라 발코니의 활용방법을 정리하였다. 또한 발코니 및 새시유리와 일사의 관계를 Fig. 15에 보였다.

Table 4 Simulation setting value

항목	설정기준치	
실내설정온도	난방기	20 ℃
	냉방기	28 ℃ (50%)
냉난방기간	난방실시기간	10월 3월 24시간 연속 난방
	냉방실시기간	7월 8월 8시간 간헐냉방 (10시~20시)
환기횟수	난방기	1.5 회 / hr
	냉방기	0.5 회 / hr
차폐계수	난방기	1.0
	냉방기	0.5

Table 5 Method of using balcony

Case 	내부유리와 새시유리를 모두 한 경우 (발코니 공간은 비공조공간)	
Case 	내부유리만 한 경우 (건설회사에서 출시된 상태로서 발코니는 외부공간)	
Case 	외부 새시유리만 한 경우 (내부유리는 제거하여 발코니 공간이 실내로 포함됨)	

:내부공간

: 비공조 내부공간

: 외부공간

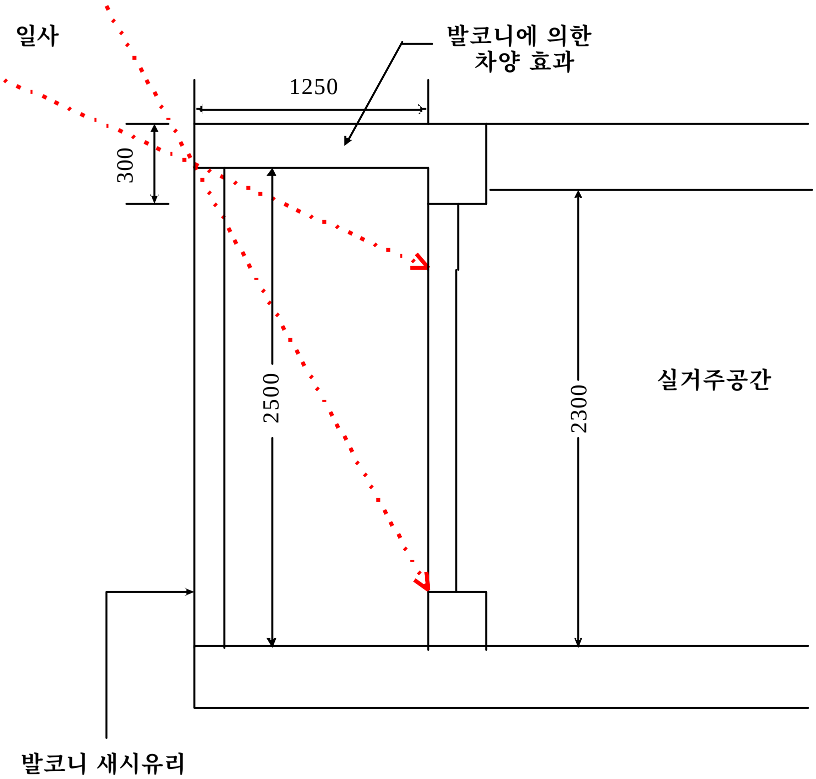


Fig. 15 Balcony and Sash window

4. 계산결과 및 고찰

Fig. 9에 겨울철의 1주일에 대한 계산결과의 예를 보인다. 열부하에 가장 큰 영향을 미치는 기상조건인 외기온도 및 일사량에 따른 난방부하의 변화를 개략적으로 파악할 수 있다. 이하의 결과치는 이러한 매 시각별 데이터를 월별 혹은 냉난방기간에 걸쳐 적산한 것을 정리한 것이다.

4-1 실제모델과 단순화 해석모델의 부하량 비교

37평에 대해 실제도면과 단순화한 해석모델에 대하여 부하량을 비교하여 본 결과 7월의 냉방부하량에서 5.5%의 차이를 보였으나 그 외에는 3%미만의 미소한 차이를 보였다. 계산의 편의성을 위해 나머지 단위세대 23평, 49평, 54평에 대해서도 단순화된 모델을 적용하여 계산하였다.

Table 6 The heating load of real and simplified models (unit: GJ/month)

월	10	11	12	1	2	3
실제모델	0.98	5.18	8.8	10.1	7.73	5.83
해석모델	1.01	5.31	9.0	10.3	7.92	5.97
차이(%)	3	2.5	2.3	2	2.5	2.4

Table 7 The cooling load of real and simplified models (unit: GJ/month)

월	7	8
실제모델	0.55	0.75
해석모델	0.57	0.77
차이(%)	5.5	2.7

4-2 발코니 새시유리에 따른 영향

본 연구에서는 세 가지의 경우, 즉 외부의 새시유리와 내부유리를 모두 한 경우(Case A), 내부유리만 한 경우(Case B), 외부의 새시유리만 한 경우(Case C)에 대하여 각각 전용면적 57m²(23평), 85m²(37평), 118m²(49평), 143m² (54평)에 난방부하와 냉방부하를 모두 고려하여 평가하였다.

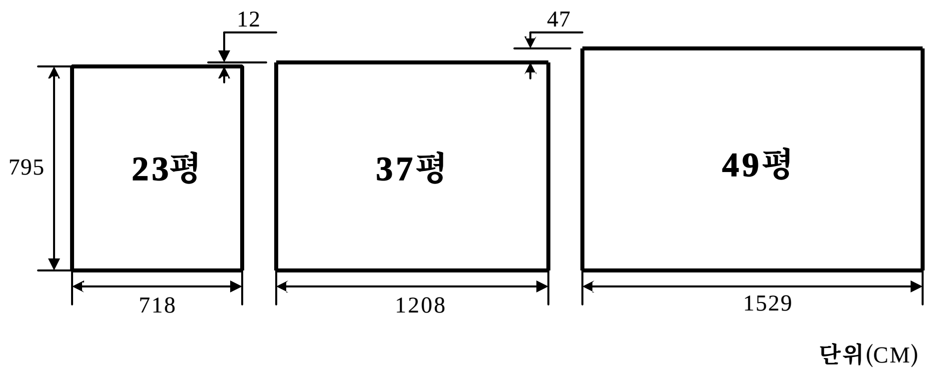


Fig. 16 The aspect ratio of each area

20 40평형대 국내 아파트는 Fig. 16과 같이 건물의 측면폭은 거의 동일하며, 주로 전면의 폭이 변화하게 된다(측면폭의 차이가 불과 50cm 이내에 불과하다). 따라서 세대간의 간벽을 통한 열교환은 거의 없으므로 열부하는 전면폭에 좌우된다. 또

한 면적이 넓어진다는 것은 결국 전면폭이 길어진다는 것을 의미하므로, 종횡비(=전면폭/측면폭)를 변수로 하여 부하량을 비교하여 보았다.

Table 8에 난방부하에 대한 평가 결과를 보였으며, Case B와 C의 경우에는 Case A에 비해 증가한 비율을 같이 나타내었다. 내외부에 유리를 한 Case A의 경우가 공간활용이나 열성능면에서 가장 유리한 값을 나타내었다. 그리고 중간 벽과 내부 유리를 트고 외부에 새시유리를 한 Case C의 경우에는 공간이 넓어진다는 이점은 있으나 난방부하가 훨씬 더 높게 나타나 에너지 절약 측면에서는 상당히 부정적인 결과가 나왔다. 실제로 출시된 상태인 Case B의 상태로 거주하는 경우는 없으므로, Case C는 A에 비해 원래의 내측유리를 제거함으로써 35% 이상의 에너지손실을 초래하게 된다.

이러한 결과를 보이는 이유는 Fig. 15에서 보이는 바와 같이 Case A의 경우 외부에 추가로 외부새시유리를 설치함으로써 중간의 공기층이 단열작용을 하여 가장 적은 난방부하값을 나타내는 것이며, 중간 벽과 유리를 허문 Case C에서는 공조공간 및 환기횟수량의 증가로 인해 난방부하가 증가하는 것이다.

Fig. 17에서 54평형은 참고치로 같이 표현을 하였는데, 50평형이 넘게 되면 측면폭의 길이가 1m 이상 차이를 보여, 종횡비로 처리하면 경향이 달라지게 된다. 그러나 54평형인 경우에도 Case A, B, C의 증가경향은 거의 그대로임을 알 수 있다.

Table 8 Heating load vs. aspect ratio according to Case A, B and C

종횡비	0.9	1.5	1.8
Case A (GJ/yr)	22.6	31.1	41.6
Case B (GJ/yr)	27.3 (21%)	38.6 (24%)	52.0 (25%)
Case C (GJ/yr)	29.9 (35%)	44.2 (42%)	57.0 (37%)

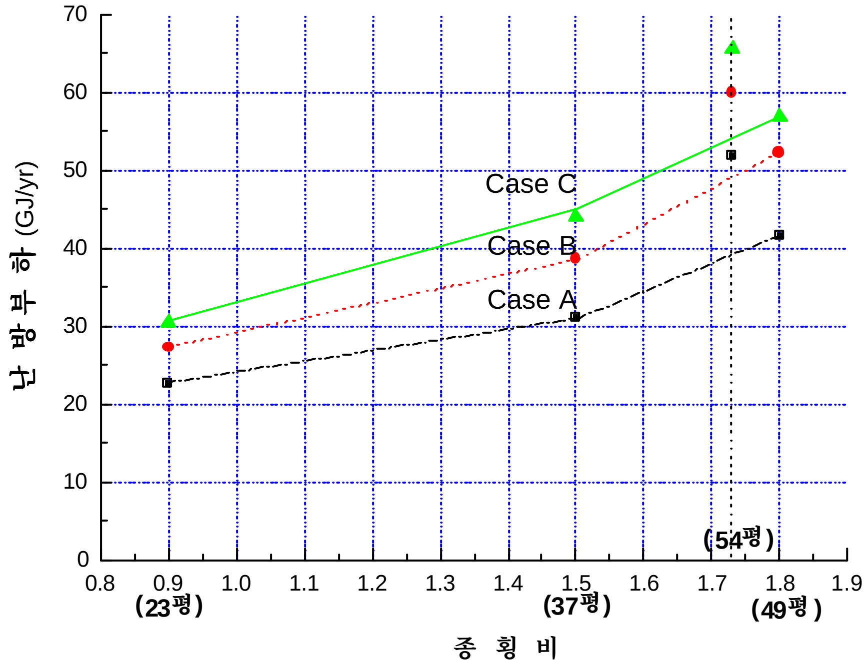


Fig. 17 Heating load vs. aspect ratio according to Case A, B and C

Table 9 Cooling load vs. aspect ratio according to Case A, B and C

종횡비	0.9	1.5	1.8
Case A (GJ/yr)	0.69	1.06	1.44
Case B (GJ/yr)	0.84 (22%)	1.30 (23%)	1.92 (33%)
Case C (GJ/yr)	1.90 (175%)	3.02 (185%)	3.99 (177%)

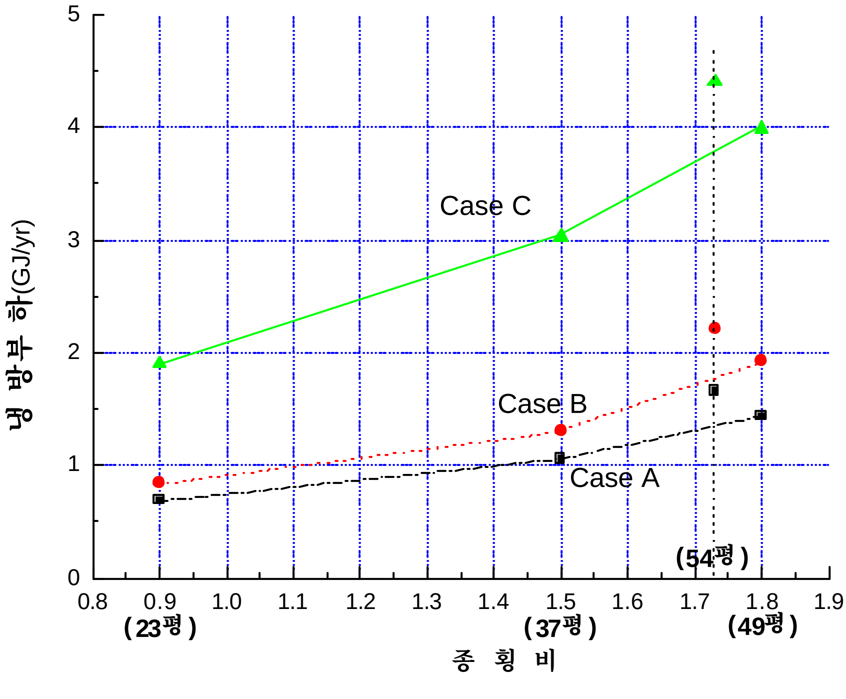


Fig. 18 Cooling load vs. aspect ratio according to Case A, B and C

냉방부하(Table 9) 역시 난방부하의 계산과 비슷한 경향으로 내외부에 유리를 한 Case A가 에너지 절약 및 공간활용에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 그러나 그 차이는 무려 3배 가까이 큰 차이를 보여 Case C의 에너지소비율이 엄청나게 큰 것을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 냉방부하의 경우 내외부에 유리를 한 Case A에서 발코니의 공기층이 단열작용을 하여 벽을 통한 열취득이 감소하게 되고, 냉방부하의 주된 원인인 태양열복사가 일차적으로 발코니 공간에서 차단된다. Case B에서 발코니는 일종의 차양역할을 하므로 역시 직사광선이 실내에 직접 유입하는 것을 막게 된다. 그러나, 내부유리를 제거한 Case C의 경우 발코니의 차양효과가 없어지고 유입일사량이 직접적으로 냉방부하로 작용하며, 거주공간의 면적증가로 인한 환기횟수량의 증가 또한 냉방부하를 크게 하는 요인이 된다. 상대적으로 Case A와 B의 차이가 작은 이유는 양쪽 모두 공조공간에 직접적인 직사광선을 차단시켰기 때문이며, 약간의 차이는 발코니 공기층의 단열작용으로 간주할 수 있다.

4-3 발코니 폭의 변화에 따른 영향

남측면에 외부 발코니를 설치할 경우에는 발코니가 수평차양의 역할을 하기 때문에 겨울철 개구부나 외벽을 통한 열취득을 줄여 난방부하를 가중시키는 원인으로 작용한다. 반면에 여름철에는 개구부나 외벽체에 음영을 드리움으로써 실내로의 열취득을 방지하여 냉방부하를 줄이는 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 37평에 대하여 외부 발코니의 길이를 변화시키면서 설계한 공동주택의 열성능 시뮬레이션을 수행하였다.

발코니 폭이 증가할수록 Case에 따라 냉 난방부하가 증가하기도 하고 감소하기도 하는데 이는 발코니의 차양 역할이 서로 다르기 때문이다. 각각의 Case에 대해 분석하도록 한다.

Table 10 In Case A, heating and cooling load according to balcony width

발코니폭 (m)	0.85	1.05	1.25 (기준)	1.45	1.65
난방부하 (GJ/yr)	31.4 (1.0%)	31.2 (0.3%)	31.1	30.9 (-0.6%)	30.8 (-1.0%)
냉방부하 (GJ/yr)	1.053 (-0.9%)	1.058 (-0.5%)	1.063	1.067 (0.4%)	1.071 (0.7%)

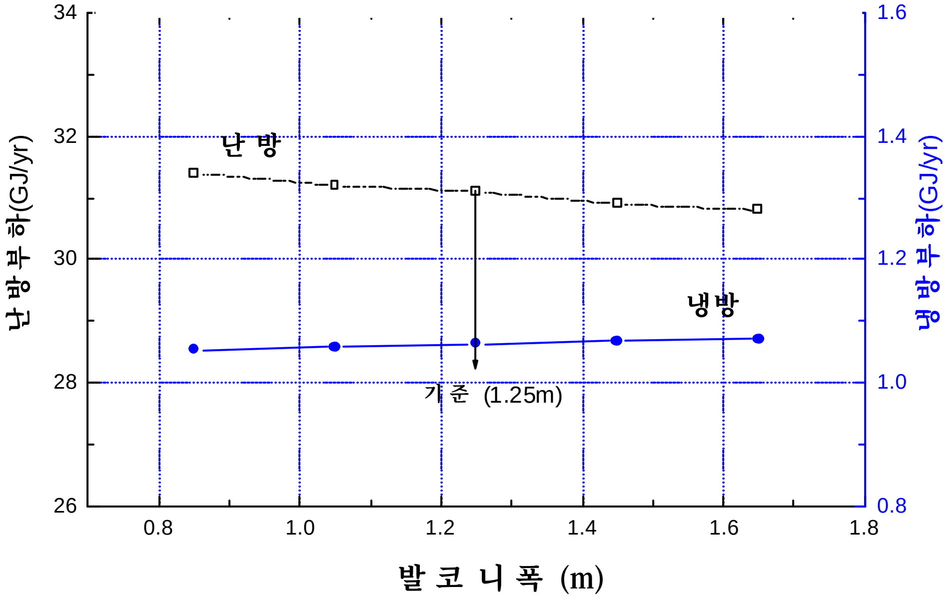


Fig. 19 In Case A, heating and cooling load according to balcony width

Case A에서는 발코니 폭이 증가할수록 난방부하는 약간 감소, 냉방부하는 약간 증가하는 경향이나 그 변화량은 매우 미소하다. 이는 발코니 공간이 비공조존으로서 발코니 폭이 달라져도 온도의 변화가 거의 없음을 의미한다. 즉 발코니 공간의 온도가 난방시에는 약간 올라가고 냉방시에는 약간 떨어지는 것으로 설명할 수 있다.

Table 11 In Case B, heating and cooling load according to balcony width

발코니폭 (m)	0.85	1.05	1.25 (기준)	1.45	1.65
난방부하 (GJ/yr)	37.1 (-4.0%)	37.8 (-4.0%)	38.6	39.3 (1.8%)	40 (3.5%)
냉방부하 (GJ/yr)	1.44 (10%)	1.36 (7.4%)	1.3	1.26 (-3.3%)	1.22 (-6.3%)

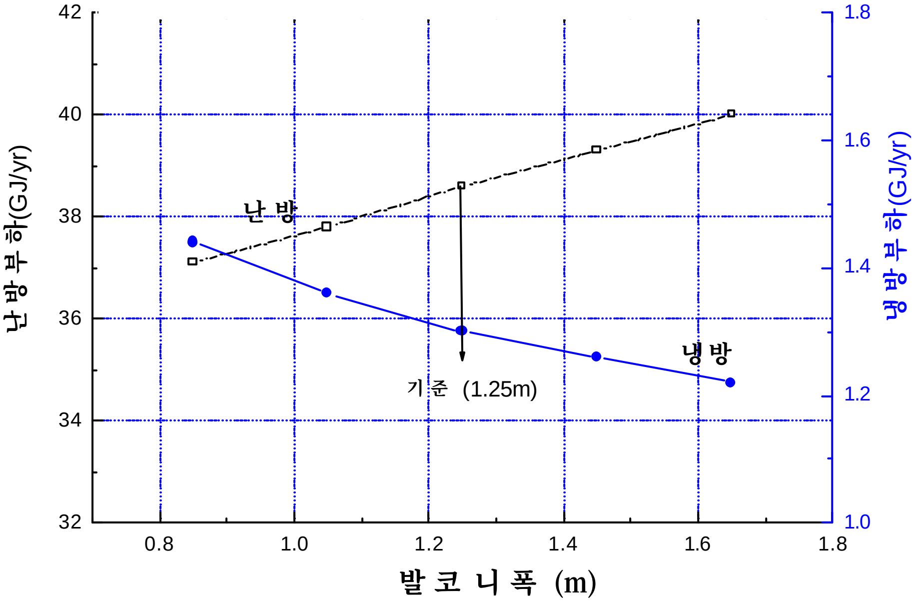


Fig. 20 In Case B, heating and cooling load according to balcony width

Case B에서는 발코니 공간이 외부 존이 되므로, 윗층의 발코니는 순수한 차양역할을 한다. 따라서 난방의 경우 발코니 폭이 커질수록 Fig. 15와 같이 실거주 공간까지 도달하는 태양 복사가 감소하고 그만큼 난방부하가 증가하게 된다. 반면에 냉방의 경우는 태양열을 차단하는 역할을 함으로써 냉방부하가 감소하게 된다.

Table 12 In Case C, heating and cooling load according to balcony width

발코니폭 (m)	0.85	1.05	1.25(기준)	1.45	1.65
난방부하 (GJ/yr)	42.6 (-3.8%)	43.4 (-1.8%)	44.2	45 (1.8%)	45.7 (3.3%)
냉방부하 (GJ/yr)	2.99 (-1%)	3 (-0.5%)	3.02	3.03 (0.5%)	3.05 (1%)

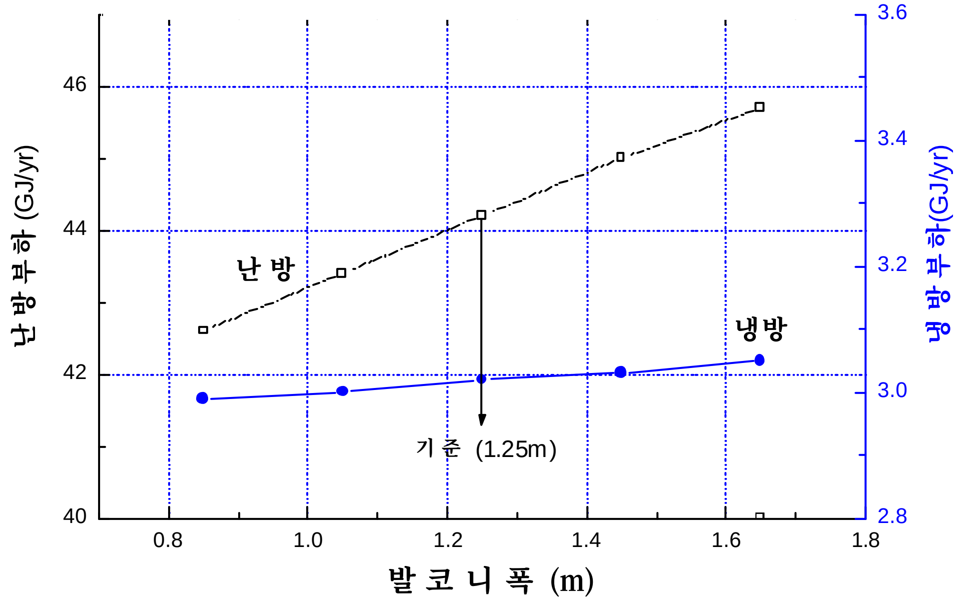


Fig. 21 In Case C, heating and cooling load according to balcony width

Case C에서는 난방부하, 냉방부하 모두 증가하는 경향을 보이는 데, 이는 발코니 공간이 실거주 공간에 포함되기 때문에 면적이 넓어지고 환기량의 증가에 따른 부하증대로 이해할 수 있다.

4-4 방위에 따른 영향

한국의 아파트는 남향과 동향이 많으며, 정방향이 아니어도 거의 대부분이 정남과 정동의 사이에 있다. 따라서 정남과 정동향에 대한 냉난방부하를 비교하는 것은 의미있는 일일 것이다. Table 13으로부터 37평형의 경우 동향의 난방부하가 Case A에서 약 6% 정도 커지는 것을 알 수 있다. 이는 Fig. 22의 직달일사분포를 보면 알 수 있듯이 겨울철의 경우 남향의 벽면에 투사되는 것이 다른 방향보다 훨씬 크기 때문이다. 따라서 난방부하가 감소하고 에너지소비량이 줄게 된다[11].

여름철의 경우에는 반대로 동서 방향의 벽면에 투사되는 일사량이 남북 방향보다 크며, 따라서 냉방부하를 증대시키게 된다. 냉방부하의 경우에는 일사량의 영향이 매우 크므로 Case A에서 약 20% 정도 차이가 나게 된다. 즉 여름철 냉방의 경우에는 실내온도와 외기온도의 차이가 10%이내로 그다지 크지 않으며 따라서 벽체를 통한 열유입보다는 직접적으로 유입되는 일사량에 의한 것이 지배적이다.

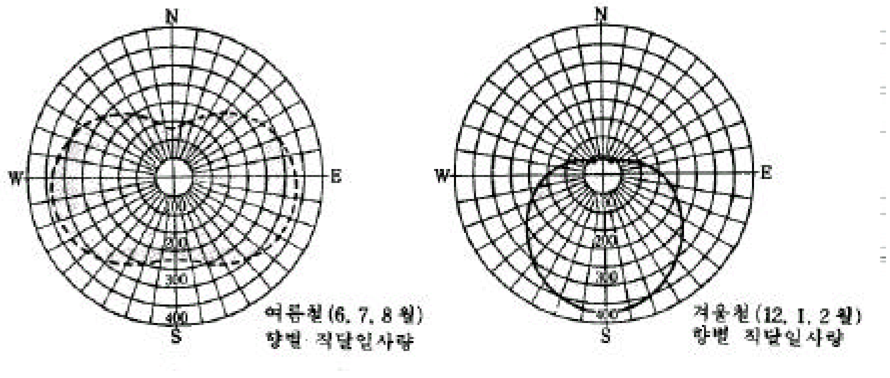


Fig. 22 The normal beam radiation as azimuth in Seoul

Table 13 Heating load according to facing (37pyong)

방위 / 발코니 유무	Case A	Case B	Case C
남향(GJ/yr)	31.1	38.6	44.2
동향	33.1(6%)	41.4(7%)	49.5(11%)

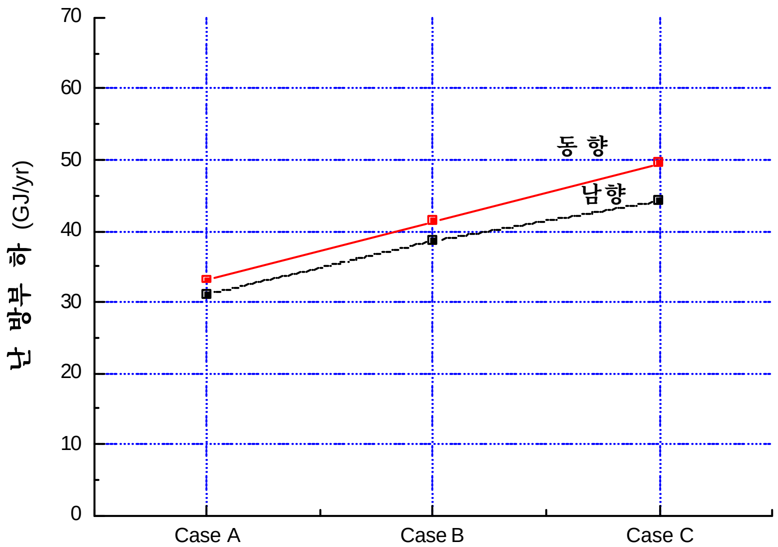


Fig. 23 Heating load according to facing

Table 14 Cooling load according to facing (37pyong)

발코니 유무 / 방위	Case A	Case B	Case C
남향(GJ/yr)	1.06	1.3	3.02
동향	1.36(22%)	1.91(32%)	4.15(27%)

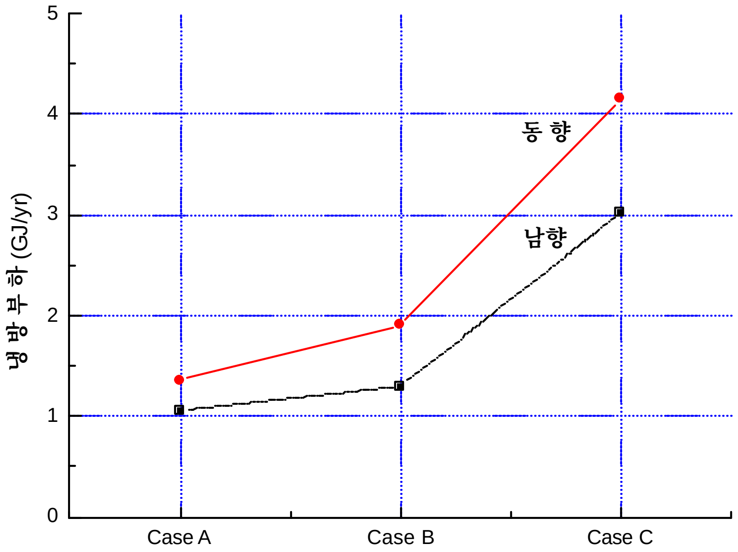


Fig. 24 Cooling load according to facing

4-5 측벽에 따른 영향

Fig. 11에서 보인 외부측벽을 가지고 있는 세대는 중간에 위치한 세대와 비교하여 냉난방부하가 증대될 것이다. 37평형의 Case A, 남향에 대한 결과만을 Table 13에 정리하였다.

Table 15 Cooling and heating load according to variation of side wall

	측벽세대 (해석모델의 단열조건)	측벽세대 (많은 아파트에서의 단열조건)	중간세대
측벽, 간벽의 총괄열전달계수(kcal/m^{2}h℃)	0.371	1.10	2.9
난방부하(GJ/yr)	31.1	34.9(12.2%)	28.9(-7.1%)
냉방부하(GJ/yr)	1.06	1.13(6.6%)	1.06(0%)

기준조건과 같이 단열효과가 우수한 벽체인 경우에는 측벽세대와 중간세대의 차이는 난방시 약 7%, 냉방시는 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 많은 아파트에서 적용하고 있는 기준조건보다 허술한 측벽조건으로 계산한 결과 10% 이상 열부하가 증대될 수 있으므로 새시유리만큼 큰 영향을 미치는 것은 아니나 단열조건의 강화 역시 중요한 인자임을 알 수 있다.

이와 같이 발코니 새시유리의 에너지절약 효과가 다른 요인에 비하여 현저한 것을 알 수 있으며, 이에 주목하여 현재 보편적으로 사용되고 있는 2중유리 대신 3중유리에 대해서도 시뮬레이션해 보았다. 37평의 경우 난방시 29.2GJ/yr로서 2중유리의 31.1GJ/yr에 비해 6% 정도 절감되는 효과를 보였다. 역시 고에너지절약형 아파

트에서는 채용할 만한 가치가 있는 것으로 평가된다.

4-6 설정온도에 따른 영향

열부하에 미치는 영향 중 건물설계조건이외에 건물운영에 따른 조건, 특히 가장 민감하게 영향을 미치는 것으로 알려진 실내설정온도에 따른 냉난방부하의 변화는 Table 16과 같다. 37평, Case A, 남향을 기준으로 계산한 결과, 난방부하의 경우 기준설정온도 20℃에서 18~22℃로 각각 변화시 평균 7.7 %/℃의 증감의 증감을 보였으며, 냉방부하는 28℃에서 26, 27℃로 변화시켰을 경우 평균 31.75 %/℃의 변화를 보여 건물운영조건 역시 열부하의 중요한 인자임을 알 수 있다[13].

특히 냉방의 경우에는 설정온도가 대단히 큰 영향을 미치게 되며 에너지 절약운전에 적극적으로 반영해야 한다.

Table 16 Heating load according to internal setting temp.

설정온도 (℃)	18	19	20 (기준)	21	22
난방부하 (GJ/yr)	26.4 (-15.1%)	28.7 (-7.7%)	31.1	33.5 (7.7%)	36.0 (15.7%)

Table 17 Cooling load according to internal setting temp

설정온도 (℃)	26	27	28 (기준)
냉방부하 (GJ/yr)	1.84 (-73.7%)	1.42 (-29.6%)	1.06

5. 결 론

실제로 출시된 상태인 Case B로 거주하는 경우는 없으므로, 에너지 절약형인 Case A를 대상으로 에너지진단을 하는 것이 타당할 듯하다. 특히 발코니 새시유리를 한 상태에서 원래의 내부유리를 제거하는 경우 30 40% 정도의 난방 에너지증대로 이어지므로 강력히 억제할 필요가 있다. 냉방의 경우는 이보다 훨씬 심각하여 3배 가까이 차이가 날 수 있다.

현재 새시유리는 건설회사가 아닌 영세업체에 의해서 시공되는 것이 일반적이므로 이에 대한 표준화 및 기술개발도 중요하다 할 수 있다. 이로 인하여 불량시공 및 불량자재 사용을 제도적으로 막아야 할 것이며, 3중 유리의 사용을 유도함으로써 추가적인 6%의 난방 에너지절감 효과를 유도하는 것도 의미 있는 일로 생각된다.

한편 측벽의 보강을 통하여도 10% 정도의 에너지절감 효과가 있으므로 건설회사에서는 이 부분에 관심을 기울일 필요가 있으며, 특히 중간세대와의 격차를 줄여 세대간의 불만을 해소할 수 있을 것으로 본다. 또한 건물의 운영면에서는 권장 실내설정온도의 준수를 통해 에너지 과소비를 방지해야 할 것이다.

참고문헌

[1] J. A. Duffie and W. A. Beckman, 1980, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, Inc., pp.1-110.

[2] TRNSYS, 1994, Solar Energy Lab. Rep., University of Wisconsin-Madison.

[3] 민만기 외 역, 1997, 공기조화 및 냉동, 희중당, pp.107-307.

[4] 이택식 외 역, 1997, 열전달, 사이텍미디어, pp.691-670.

[5] 일본태양에너지학회, 1979, 태양에너지의 기초와 응용, 형제사, pp.1-85..

[6] 宇田川, 1993, PC를 이용한 공기조화계산법, 기문당, pp.1-253..

[7] 김효경, 1986, 동적 열부하 계산용 표준기상 데이터에 관한 연구 제1차 중간보고서, 서울대학교, pp.1-32.

[8] 류해성, 1996, 건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서, 통상산업부, pp.7-174.

[9] 냉동공조기술, 1998, 한국설비기술협회, pp.297-333.

[10] 김영호 외, 1998, 최신 공기조화설비, 보문당, pp.75-213.

[11] 이경회, 1986, 건축환경계획, 문운당.

[12] 정동원, 1996, 시뮬레이션에 의한 공동주택 축열벽 설계에 관한 연구, 연세대석사학위논문, pp.70-73.

[13] 박종상, 1996, 민감도분석에 의한 사무소건물의 에너지특성 평가에 관한 연구, 연세대석사학위논문, pp.47-49.

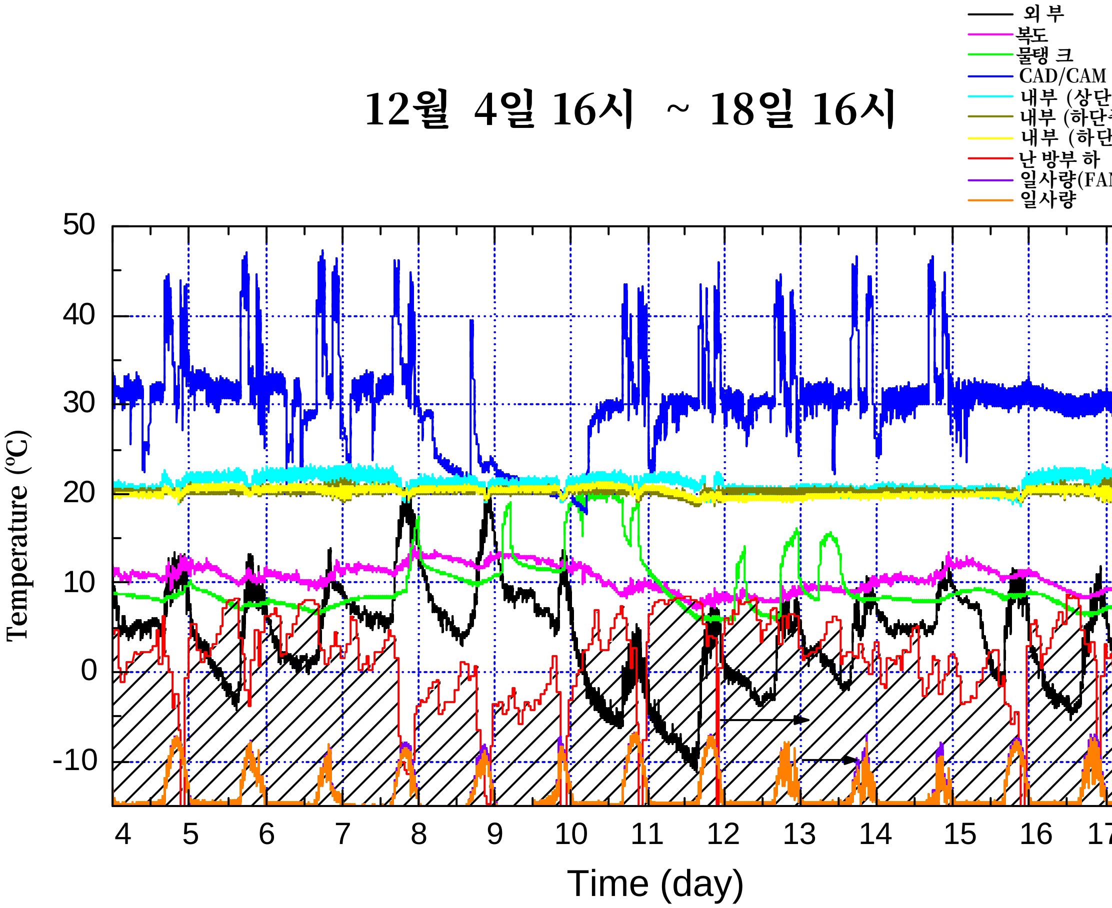


Fig. A10 Graph of experiment result

Abstract

Effect Analysis on the Thermal Load by Balcony of Apartment House

PARK Yong Seung

Dept. of Mechanical Engineering

The Graduate School

Kyung Hee Univ., Korea

The number of apartment houses in Korea has been increased in a very short period, taking about a half of total keeping-house. If energy evaluation and saving method for them are developed, a great deal of energy can be saved. We evaluate energy saving for apartment house with a variable as balcony usage, side wall condition, glass condition of window.

In the present study , specially the cooling and heating load according to the kind of balcony usage were calculated by using TRNSYS. It is not used only balcony function that balcony space is offered for a service space and is applied to a concept of internal space by external balcony sash window. What is worse, extremely balcony space is expanded internal space by removal original wall and window. It had been issued because of energy loss and safety problem.

As a result in the heating load, there is a difference of 30 40 percent by sash window in balcony. It is recommended for energy saving and space application that the sash window is installed with keeping an existing window and wall.

In the present, because petty companies generally construct sash window and it needs that standard and technical development for construction of sash window.

감사의 글

2년이 넘는 시간을 보낸 정든 연구실을 떠나려 합니다. 홀가분함과 동시에 떠나는 아쉬움이 마음속에 자리합니다.

먼저 부족한 점이 많은 저를 열과 성의를 다해 지도해 주신 홍희기 지도교수님께 감사의 말씀을 드리며 논문지도를 해 주신 김창녕, 전흥신 교수님과 기계공학과 모든 교수님들께 감사드립니다.

함께 생활했던 선후배들과 동기들 역시 저에게는 큰 힘이 되어준 사람들이었습니다. 항상 나와 같이 동고동락했던 권이, 이제 연구실의 기둥이 된 창현이, 나의 조수 석균이와 연구실로 찾아와 조언을 해주던 준홍선배에게 고맙다는 말을 전하며 열심히 연구하던 정호, 낙천적인 성훈, 새신랑 기훈, 착한 창우와 생활의 활력소가 되어준 기계역학실의 경식, 승욱형과 승민후배, 공기역학실의 고등학교 선배 승환형과 방건형, 연구실 단골 손님이었던 승호형이 제 마음속에 남습니다.

미처 다 적지는 못하지만 저에게 여러모로 도움을 주신 대학원 선후배와 동기들에게도 감사합니다.

그리고 언제나 자식을 먼저 생각하시는 부모님과 물심양면으로 많은 도움을 준 누나들과 매형에게도 감사의 마음을 전하며 고등학교 이후로 항상 같이 지내온 남규, 재혁이와 초등학교 친구인 재완, 힘들 때 같이 있어준 선영이에게 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

이천년 십이월

정든 연구실에서